

경유차 매연저감장치용 촉매 성능에 Filter가 미치는 영향 연구

이해수*, 김태민, 고선환, 강정호¹, 정수진¹, 김문찬²
 (주)이엔드디, ¹자동차부품연구원, ²청주대학교
 (brine@endss.com*)

Study of Effect of Various Filters on DPF Catalysts Efficiency

Haesoo Lee*, Taemin Kim, Sunhwan Ko, Jungho Kang¹, Soojin Jung¹, Moonchan Kim²
 E&D, ¹KATECH, ²Cheongju University
 (brine@endss.com*)

1. 서론

디젤기관은 가솔린기관보다 높은 압축비에서 운전이 가능하므로 열효율과 연료소비율이 우수하다. 또한 기후변화 협약 및 온실 가스 배출 규제의 일환인 이산화탄소 배출량 규제에 대응할 수 있는 유력한 대안으로 평가되고 있다. 이러한 장점 때문에 디젤 차량의 수요가 급격히 증가하였으나, 삼원 촉매를 사용하여 거의 완벽하게 배기가스를 처리하는 가솔린 엔진의 경우와는 다르게 현재 디젤기관에서 발생하는 입자상물질(PM) 및 질소산화물(NOx)등의 배기가스는 효과적으로 처리되지 못하고 있어, 이로인한 사회 환경문제가 심각하게 대두되고 있다. 이에 따라 전 세계적으로 자국 내 디젤 배기가스에 대한 규제는 연차적으로 강화되고 있는 실정이며, 다양한 방법으로 배기가스를 저감하기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 이러한 방법으로는 크게 엔진개량에 의한 방법, 청정연료의 사용에 의한 방법 등의 전처리 기술과 촉매 변환장치, 입자상물질 여과장치에 의한 후처리 기술로 구분되어진다. 이중 입자상물질 여과장치(DPF)는 타 기술에 비해 개발 기간이 적게 소요되고 새로 제작되는 신규 차량은 물론 현재 운행중인 차량에도 적용할 수 있을 뿐 아니라 입자상물질과 매연의 저감 효율도 매우 높다.

디젤엔진의 입자상물질 및 매연저감장치에 사용되는 filter로는 coordierite나 SiC와 같은 세라믹계열의 honeycomb형 필터가 주종을 이루고 있으며, 최근에는 공급부족과 원가절감등의 이유로 대체필터에 관한 연구가 진행되고 있다. 이들 대체필터중 내부에 Shovel이 형성된 Corrugation 구조를 가진 Stainless Steel의 metal filter를 이용하여 DPF를 개발하려는 시도가 계속되고 있으며, 기존의 tortuous path 구조의 metal foam을 이용한 연구 또한 꾸준히 시도되고 있다.

본 연구에서는 기존의 tortuous path 구조의 metal foam에 비해 입자상물질 및 배기가스와 접촉면적이 훨씬 큰 Corrugation 구조를 가진 Stainless Steel의 metal filter를 이용하여 디젤엔진 매연저감장치용 촉매를 개발하고, 또한 이들 필터가 촉매 성능에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

2. 연구방법

2.1 매연저감장치

본 연구에서는 기존의 세라믹 filter 대신 금속 성분으로 만들어진 filter에 따른 촉매성능을 알아보기 위해서 metal foam과 Stainless Steel의 metal filter를 담체로 사용하였다.

1) Metal filter

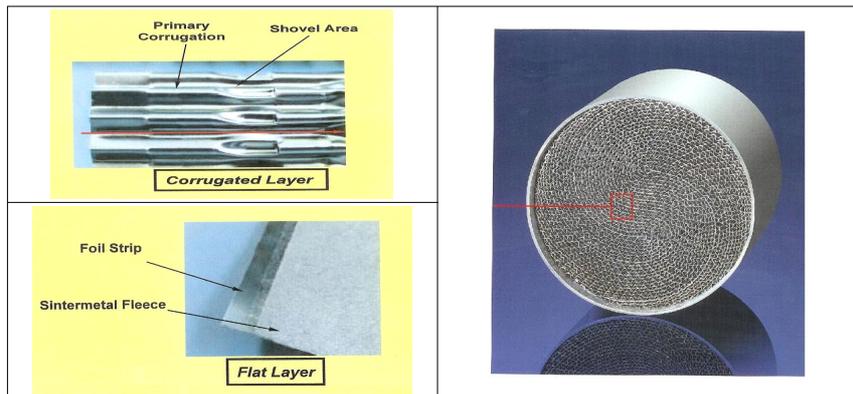


Fig. 1. Metal Filter의 구조

Table 1. Metal Filter의 사양

Item	Contents
Dimension & Volume	Dia. 165mm × L 300mm, 6.4Liter
Material	Foil : Stainless Steel / Fleece : Sintered Metal
Thickness	Foil : 50 μm / Fleece : 300 μm
Fiber Diameter	Fleece : 22 μm
Cell Density	200 cpsi
Porosity	77 %
Catalyst Loading Amount	5 g/ft ³ 이상



Fig. 2. Metal Foam의 구조

Table 2. Metal Foam의 사양

Properties	Units	Specifications			
		20ppi	30ppi	40ppi	50ppi
Pore Density	Pores Per Inch				
Maximum Operating Temperature	° C	1600			
Density Range	% Bulk	3-15%			
Compressive Strength @ 5% Density	N/mm ²	0.86			
Dimension	mm	165mm(Dia) × 200mm(L)			

2) 촉매 제조

매연저감장치용 촉매는 noble metal이 포함된 coating solution 상태로 준비하였으며, 각각의 담체를 deep coating하여 건조시킨 후, 각종 gas 분위기에서 소성을 실시하여 제조하였다.

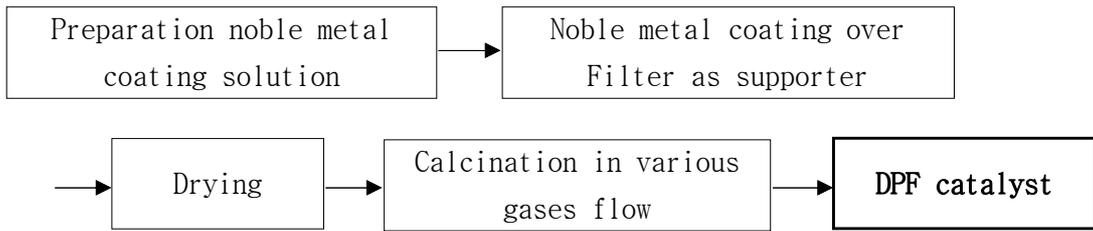


Fig. 3. 촉매 제조의 흐름도

2.2 시험장치 및 시험측정방법

1) 엔진동력계

Fig. 4는 본 성능시험에 사용된 엔진동력계 시스템으로 EC동력계(ALPHA240)와 동력계 제어장치(Puma), 연료 온도 조절(AVL753) 및 연료소비율 측정장치 (AVL 733S), 냉각수 온도 조절장치(AVL553), 윤활유 온도조절장치(AVL554), 흡입공기 유량계(AVL) 등으로 구성되어 있으며, Table 3은 엔진동력계의 제원이다.



Fig. 4. 시험용 엔진동력계(ALPHA240)

Table 3. 엔진동력계 제원

Items	Specifications
Model	ALPHA240
Allowance power(KW)	240kW
Allowance torque(Nm)	680Nm
Speed range	10000rpm(Max)

2) 시험측정방법 및 모드

운행경유자동차 배출가스저감장치 및 저공해엔진의 인증시험방법·절차 등에 관한 규정에 근거하여 매연저감장치 장착 전·후의 엔진 출력 및 연비 등의 성능변화와 CO, THC, NOx, PM등의 배출가스 저감효율을 측정하였다.

3. 결과 및 토론

본 연구에서 제작한 촉매가 사용된 매연저감장치는 국내 공인 시험기관인 자동차부품 연구원에서 매연저감장치의 배출가스 저감 성능 시험(ND-13 mode)을 실시하였으며 결과는 다음 Table 4와 같다.

Table 4. 성능시험 결과 (ND-13 mode, 3회 평균값)

Item	Base	Metal filter (conversion rate, %)	Metal Foam (conversion rate, %)
PM (g/kWh)	0.190	0.068 (64.2)	0.106 (44.3)
CO (g/kWh)	0.933	0.006 (99.4)	0.055 (94.1)
THC (g/kWh)	0.330	0.030 (90.9)	0.064 (80.7)
NOx (g/kWh)	5.761	5.563 (3.4)	5.744 (0.3)

PM 제거율은 Base에서 0.190 /kWh, Metal filter에서는 0.068 g/kWh으로 64.2%로 Metal Foam의 44.3%보다 매우 우수한 성능을 나타내고 있다. 이는 입자상물질 및 배기기와 접촉면적이 훨씬 큰 Corrugation 구조를 가진 Stainless Steel 형태의 Metal Filter가 안정적인 PM제거가 가능함을 입증하고 있다.

또한, Metal Filter를 담체로 적용한 경우, CO 99.6%, THC 90.4%의 매우 뛰어난 제거율을 나타내고 있으며, NOx 역시 3.4%의 제거율을 나타내고 있으므로 Metal Foam을 담체로 한 촉매보다 성능이 매우 우수함을 알 수 있다.

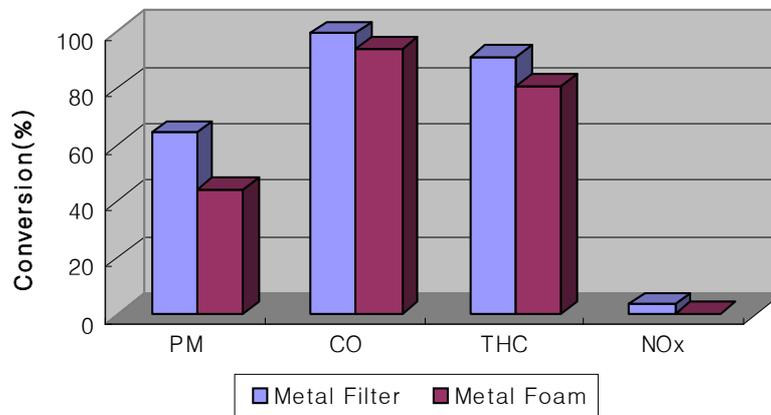


Fig. 5. Filter에 따른 배기가스 저감 성능

4. 결론

본 연구에서는 매연 저감 장치용으로 사용되는 metal 소재의 담체에 Noble metal 촉매를 coating하여 제조한 매연저감장치의 배기가스 제거효율에 대한 분석을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

매연저감장치에 대한 국내 공인 시험결과 필터내부에 Shovel이 형성된 Corrugation 구조를 가진 Stainless Steel의 metal filter가 tortuous path 구조의 metal foam보다 더 켈엔진 배기가스의 제거에 효율적인 것을 알 수 있었다.

이는 metal filter의 내부구조가 입자상물질 및 배기가스와 접촉면적이 metal foam보다 훨씬 크기 때문인 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 "부품기술지원사업" 에 의한 지원으로 진행된 연구 중 일부이며, 이에 관계기관에 감사드립니다.

참고문헌

1. Isabella. N., Lorenzo. d. A., Luca. L., Elio. G. and Pio. F., "Study of thermal deactivation of a de-NOx commercial catalyst", *Appl. Catal B*, **35**, 31-42(2001).
2. P. Forzatti, L. Castoldi, I. Nova, L. Lietti. and E. Tronconi., "NOx removal catalysis under lean conditions", *Catal. Today*, **117**, 316-320(2006).
3. Manfred. K., Giuseppe. M. and Martin. E., "Selective catalytic reduction of NO and NO2 at low temperatures", *Catal. Today*, **73**, 239-247(2002).